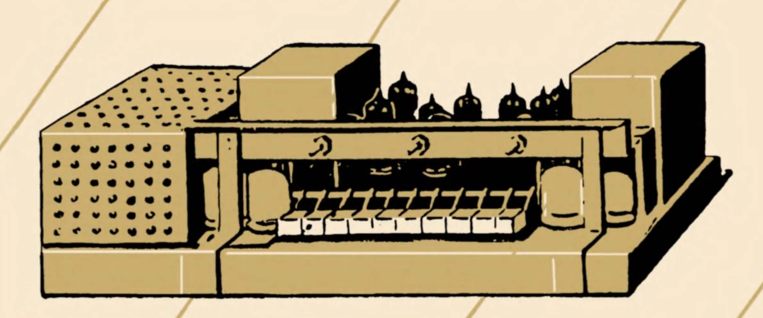
Г. С. ГЕНДИН

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

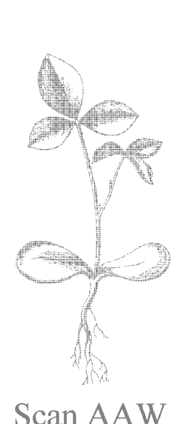


МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 504

Г. С. ГЕНДИН

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЕ УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1964 ЛЕНИНГРАД

УДК 621.375.2 : 534.76
Г34

В брошюре приводятся описания двух самодельных усилителей низкой частоты для воспроизведения граммофонных и магнитных стереофонических записей от специального стереофонического проигрывателя или магнитофона.

Рассчитана брошюра на радиолюбителей, имеющих некоторый опыт по конструированию обычных монофонических усилителей.

Гендин Геннадий Семенович.

Любительские стереофонические усилители низкой частоты.

М. — Л., Издательство «Энергия» 1964.

32 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 504.)
Темплан 1964, № 352.

Редактор *В. М. Глухов.* Техн. редактор *В. И. Сологубов*
Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в набор 28/XI—63 г. Подписано к печати 22/I—64 г.
Т-00824. Бумага 84×108¹/₃₂. Печ. л. 1,64 Уч.-изд. л. 2,1.
Тираж 74 000 экз Цена 08 коп. Зак. 1283.

Типография изд-ва «Московский рабочий», Москва, Петровка, 17

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы как в нашей стране, так и за рубежом проводится огромная работа по улучшению качества звучания низкочастотной аппаратуры промышленного и бытового назначения. Усилия инженеров и конструкторов направлены на достижение естественности звучания, с тем чтобы звук, воспроизводимый через громкоговоритель, мало отличался от звучания оригинала.

Одним из этапов этой работы является разработка стереофонических систем, в которых звучание, создаваемое громкоговорителями, обладает в отличие от обычных монофонических систем акустической перспективой. Наличие акустической перспективы создает впечатление объемности звучания и как бы локализует источник того или другого звука в определенном месте помещения. Этим достигается так называемый «эффект присутствия».

Стереофоническое радиовещание сейчас еще находится в стадии отработки и пока что не получило широкого распространения, однако наличие в продаже стереофонических грампластинок, радиограммофонов и электропроигрывателей позволяет радиолюбителям приступить к самостоятельной творческой работе в этой новой увлекательной области радиотехники.

Стереофонические усилители низкой частоты, в принципе мало отличаясь от обычных, монофонических усилителей, все же обладают некоторыми специфическими особенностями. Не зная этих особенностей, радиолюбители могут столкнуться с трудностями при конструировании таких усилителей. Чтобы помочь радиолюбителям самостоятельно изготовить и отрегулировать стереофонический усилитель низкой частоты, в этой брошюре приводится подробное описание двух различных по сложности самодельных усилителей.

ПРОСТОЙ СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ

Общая характеристика. Это устройство выполнено в виде двух небольших чемоданов, в одном из которых смонтирован усилитель, а в другом помещены две одинаковые акустические системы с соединительными шлангами.

Двухкаскадный усилитель каждого канала собран на триод-пентоде 6Ф3П. Выходная мощность канала равна 1,5 *вт* при коэффициенте нелинейных искажений не более 2,2%. Чувствительность по входу не хуже 0,2 *в*. Полоса пропускания электрического тракта со-

ставляет 60—12 000 *гц*. Уровень фона примерно равен —54 *дб*. Ослабление паразитного проникания сигналов одного канала в другой не менее 40 *дб*.

Такие высокие качественные показатели получены благодаря применению ультралинейной схемы включения оконечного каскада, наличию трех независимых цепей отрицательной обратной связи, специальным мерам по снижению уровня фона и рациональному монтажу.

В акустическую систему каждого канала входят по два эллиптических громкоговорителя типа 1ГД-9, укрепленных на крышках разъемного чемодана размерами 360×270×200 *мм*. Вес усилителя не превышает 3,4, а вес акустического агрегата 3,2 *кг*.

Схема Принципиальная схема стереофонического усилителя приведена на рис. 1. Входная цепь каждого канала нагружена на потенциометр R_1 (R_1'), который служит регулятором громкости. Так как в стереофонических устройствах уровень сигнала нужно регулировать одновременно в обоих каналах и на одинаковую величину, потенциометры R_1 и R_1' должны быть сдвоенными и управляться одной ручкой.

Сигнал с движка потенциометра подается на сетку триодной части лампы $Л_1$ через разделительный конденсатор C_2, а не непосредственно, чтобы устранить шорохи и трески при регулировке громкости. Сопротивление автоматического смещения R_4 в катодной цепи триода не блокируется конденсатором, благодаря чему создается цепь отрицательной обратной связи по току.

С анода триода усиленный им сигнал поступает на управляющую сетку пентодной части лампы $Л_1$ через последовательно включенные разделительный конденсатор C_3 и антипаразитное сопротивление R_8, которое предотвращает самовозбуждение усилителя на ультразвуковой частоте (30—100 *кгц*). Частотная характеристика усилителя регулируется только по высшим частотам цепочкой R_7C_4, представляющей собой второе звено отрицательной обратной связи (по напряжению). Сдвоенный потенциометр R_7 служит регулятором тембра.

Выходной каскад (пентодная часть лампы $Л_1$) собран по ультралинейной схеме, обеспечивающей значительное снижение нелинейных искажений Поскольку напряжение на первичной обмотке выходного трансформатора $Тр_1$ близко к полному напряжению выпрямителя, в цепь экранирующей сетки пентода включено гасящее сопротивление R_{10}, блокированное конденсатором C_7, который пропускает переменную составляющую анодного напряжения. Включать этот конденсатор между экранирующей сеткой и шасси в данном случае нельзя, потому что на сетке должно быть переменное напряжение отрицательной обратной связи (третья цепь отрицательной обратной связи).

Второй канал усилителя аналогичен первому. Оба канала полностью обособлены для уменьшения проникновения сигнала из одного канала в другой. Единственным исключением является регулятор баланса каналов на потенциометре R_6, общий для всего стереоусилителя.

Общий для обоих каналов выпрямитель выполнен по мостовой схеме на селеновом вентиле *В* типа АВС-80-260 (вместо него можно применить полупроводниковые диоды типа Д7Ж). Накал каждой

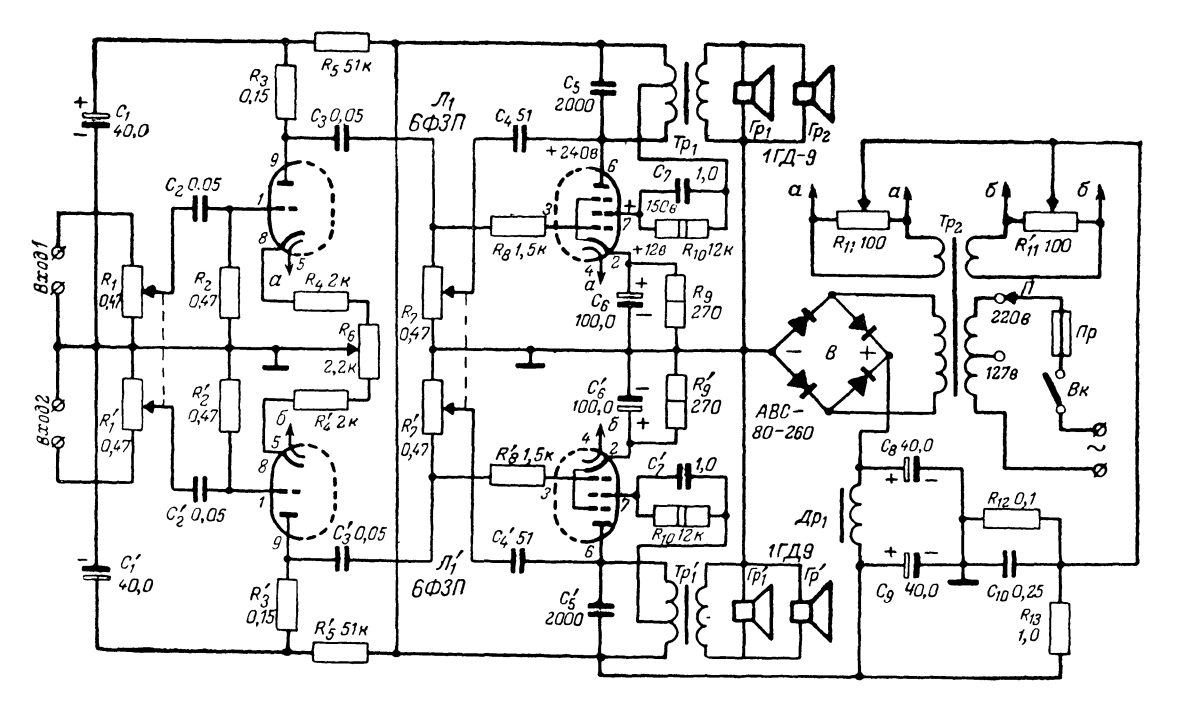


Рис. 1. Принципиальная схема простого стереофонического усилителя.

лампы ($Л_1$ и $Л'_1$) производится от отдельной обмотки трансформатора $Тр_2$, на которую через балансировочный потенциометр R_{11} подается небольшой положительный потенциал относительно шасси, что необходимо для снижения уровня фона от цепи накала. Фильтр выпрямителя состоит из дросселя $Др_1$ и электролитических конденсаторов C_8 и C_9. Аноды триодов питаются через дополнительный фильтр R_5C_1 (R'_5 C'_1).

Каждый усилитель нагружен на два громкоговорителя типа 1ГД-9, включенные параллельно. Применение двух громкоговорителей вместо одного заметно улучшает воспроизведение нижних частот за счет сглаживания пика от собственного механического резонанса. Параллельное же включение громкоговорителей предпочтительнее последовательного, так как при этом их общее сопротивление оказывается вчетверо меньшим, что значительно увеличивает демпфирование громкоговорителей и благодаря этому улучшает качество воспроизведения звука.

Конструкция и детали. Все детали двухканального усилителя и выпрямителя для него смонтированы на прямоугольном металлическом шасси, состоящем из скрепленных между собой основания и передней панели. Разметка этих частей шасси дана на рис. 2. Расположение деталей на шасси показано на рис. 3.

Крышкой шасси служит металлический кожух с ручкой, образующей вместе с ним чемодан размерами 270×150×100 *мм*. Внешний вид собранного в таком чемодане усилителя приведен на рис. 4.

В усилителе используются в основном готовые детали, за исключением трансформаторов, которые радиолюбителю придется изготавливать самому.

Выходные трансформаторы $Тр_1$ и $Тр'_1$ собраны на сердечниках из пластин Ш-19, толщина набора 28 *мм*. Первичная обмотка трансформатора состоит из 2 400 витков с отводом от 500-го витка (считая от конца, соединенного с источником анодного напряжения) провода ПЭЛ или ПЭВ 0,12—0,15, а вторичная обмотка — из 70 витков ПЭЛ или ПЭВ 0,6—0,8. Сборка сердечника производится в стык с зазором в 0,1 — 0,15 *мм*. Для этого две Ш-образные пластины вставляют в окно каркаса по краям с одной стороны (например, сверху), а остальные пластины набивают между ними, но с другой стороны (снизу). В получившийся, таким образом, проем между крайними пластинами нужно положить полосу кабельной бумаги толщиной 0,12—0,15 *мм*, а затем заполнить этот проем перемычками пластин.

Трансформатор питания $Тр_2$ выполнен на сердечнике из пластин Ш-24, толщина набора 30 *мм*. Первичная (сетевая) обмотка содержит 690 витков провода ПЭВ 0,27 плюс 520 витков ПЭВ 0,23. Вторичная (повышающая) обмотка состоит из 1 350 витков провода ПЭВ 0,15. Накальные обмотки имеют по 39 витков провода ПЭВ 0,8. Пластины сердечника этого трансформатора собираются без зазора (вперекрышку).

При подборе готовых деталей нужно учитывать следующее. В усилителе значение большинства сопротивлений и конденсаторов некритично и может быть изменено в ту или другую сторону в значительных пределах без заметного изменения параметров и характеристик усилителя. Так, например, если емкость переходного конденсатора вместо указанной на схеме 0,05 *мкф* взять 0,02 или 0,5 *мкф*, то на слух такое изменение вообще не будет заметно, а

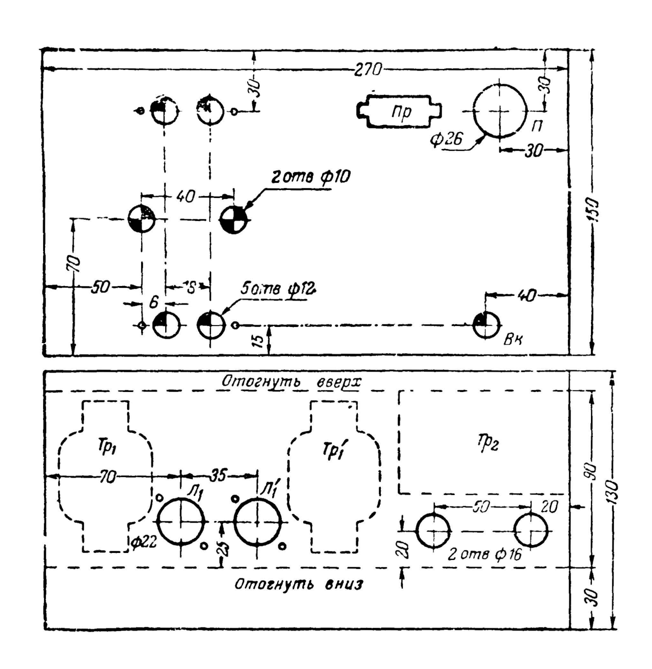


Рис 2. Разметка шасси усилителя.

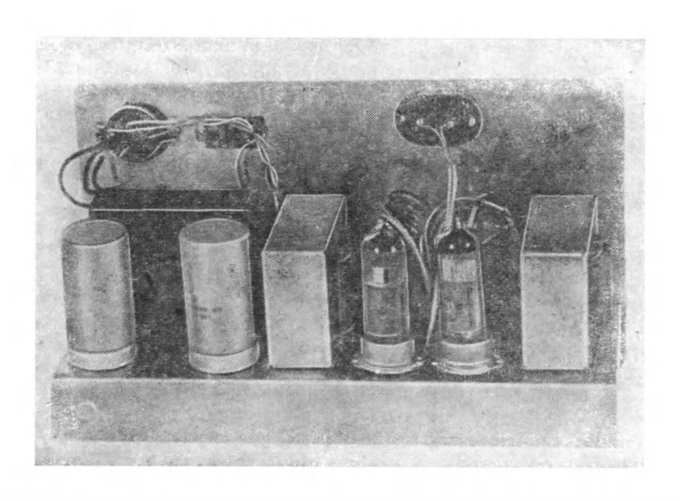


Рис. 3. Расположение деталей на шасси усилителя

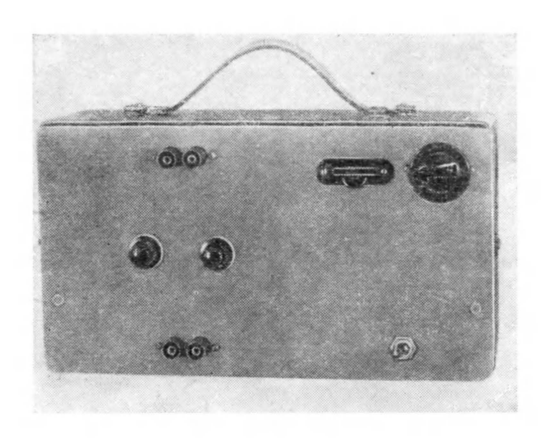


Рис. 4. Внешний вид собранного усилителя.

изменение частотной характеристики можно будет определить только точными измерениями. Точно так же, если вместо указанного на схеме сопротивления нагрузки первого каскада 100 *ком* применить 200 *ком,* то усиление не возрастет вдвое, а увеличится всего лишь на 5—15%. Поэтому почти всегда отсутствующую деталь можно заменить другой, близкой по величине. Наиболее критичны сопротивления автоматического смещения в оконечных каскадах, а также детали частотно-корректирующих цепей (особенно в цепях частотно-зависимой отрицательной обратной связи). Их лучше брать такими, как указано на схеме.

Все сказанное относится и к стереофоническому усилителю, однако в этом случае при подборе деталей необходимо руководствоваться следующим обязательным правилом. Можно брать детали, отличающиеся от указанных на схеме, но в обоих каналах усилителя они должны быть обязательно одинаковыми. Например, вместо указанного на схеме сопротивления нагрузки первого каскада 100 *ком* можно взять и 82, и 91, и 120 и даже 150 *ком,* но ни в коем случае нельзя в одном канале применить 82 *ком,* а в другом 120 *ком.*

Примененные в усилителе сдвоенные электролитические конденсаторы по 40 *мкф* можно заменить отдельными конденсаторами по 30 *мкф* на 300 *в,* соответственно изменив их размещение на шасси усилителя.

Можно обойтись и без готовых сдвоенных переменных сопротивлений, заменив каждое из них двумя отдельными. Однако при этом нужно учесть следующие особенности. Во-первых, оба потенциометра регуляторов громкости должны быть с кривой изменения типа В и, во-вторых, они должны регулироваться одной осью и на одинаковую величину при любом повороте оси. Одна из возможных конструкций такого узла показана на рис. 5. Шестеренки *1, 2* и *3* должны быть одинаковыми как по диаметру, так и по шагу и числу зубьев. Сдвоенный из отдельных сопротивлений с кривой изменения типа А регулятор тембра выполняется таким же образом. Для регулятора громкости направление осей переменных сопротивлений и

ведущей оси должно быть противоположным, как показано на рис. 5, для регулятора же тембра это необязательно. В качестве ведущей оси и муфты ее крепления удобно использовать соответствующие части от любого переменного сопротивления с достаточной длиной оси, например типа СП.

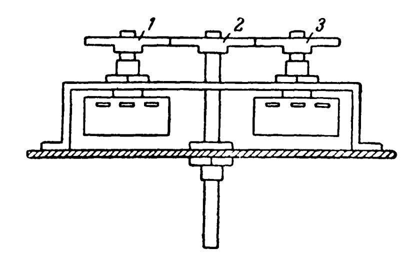


Рис. 5. Конструкция сдвоенного переменного сопротивления.

Как уже говорилось в начале описания, акустический агрегат для стереофонического усилителя оформлен в виде разъемного чемодана, в каждой из половинок которого смонтировано по два громкоговорителя (рис. 6). Акустические щиты (отражательные доски) для громкоговорителей изготавливаются из обычной фанеры толщиной 3—6 *мм*. Задние крышки сделаны из тонкой фанеры, в которой равномерно насверлены отверстия диаметром 10—25 *мм*.

Внешний вид собранного агрегата приведен на рис. 7. Оформление его может быть, конечно, и несколько иным. Однако не следует значительно изменять размеры и, главное, объем чемодана. Соединительные шнуры должны быть достаточно длинными (не менее 10 *м* каждый).

Регулировка усилителя. Если самодельные детали изготовлены точно по описанию, а монтаж выполнен в точном соответствии с принципиальной схемой, то налаживание и регулировка собранного усилителя сведется в основном к установлению минимального уровня фона и проверке идентичности каналов по усилению и частотной характеристике. Такая проверка усилителя совершенно необходима.

Следует отметить, что стереофоническая запись, как правило, является высококачественной записью, с большой полосой пропускания, большим динамическим диапазоном, малым уровнем шумов. Для реализации всех ее преимуществ нужно, чтобы усилительный тракт обеспечивал такие же качественные показатели, какие заложены в стереозаписи. Поэтому даже простой усилитель после его изготовления нужно проверить и в случае необходимости отрегулировать.

Для проверки и регулировки усилителя нужны как минимум два прибора: измеритель напряжения и генератор звуковых частот с диапазоном от 20 до 20 000 *гц*. В качестве измерителя напряжения лучше всего пользоваться ламповым вольтметром В3-2А (прежнее обозначение ЛВ-9, МВЛ-2), так как он позволяет измерять уровень фона на шкалах 10—30 *мв*. Звуковой генератор может быть любого типа. Вместо него в крайнем случае можно использовать специальные частотные грампластинки или тест-магнитофильмы, однако в этом случае придется ограничиться только проверкой идентичности частотных характеристик обоих каналов, снять же сами характеристики не удастся.

Проверку и регулировку усилителя рекомендуется проводить следующим образом.

Сначала тестером или другим измерительным прибором надо

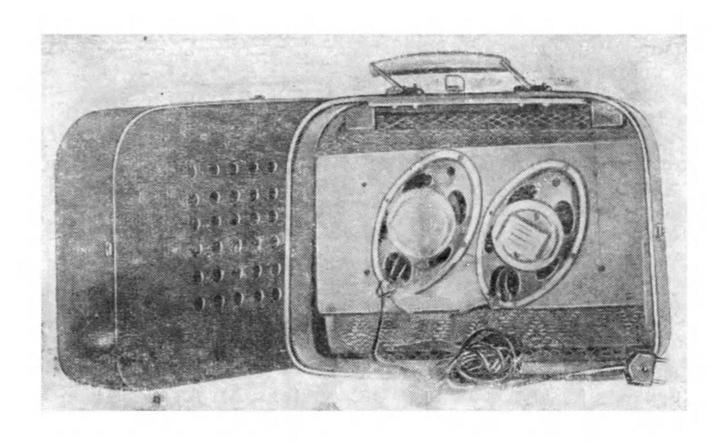


Рис. 6. Расположение громкоговорителей в акустическом агрегате.

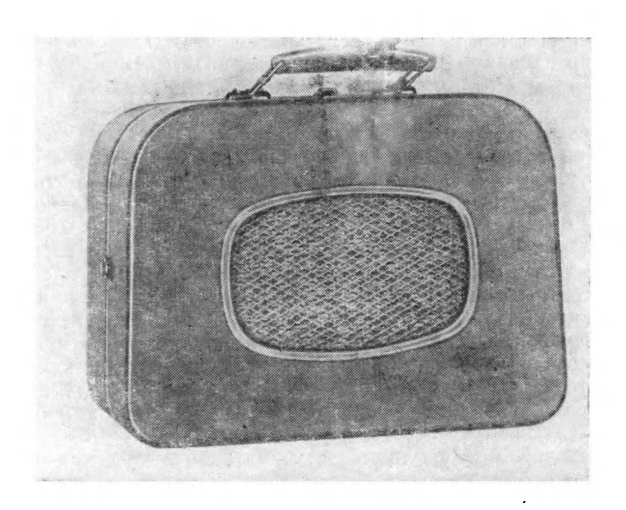


Рис. 7. Общий вид акустического агрегата.

измерить режимы ламп. Они должны быть примерно такими, как указано на схеме.

После этого к выводам нагруженной вторичной обмотки выходного трансформатора одного из каналов подключается электронный вольтметр. На вход этого канала подается напряжение звуковой частоты 1 000 *гц* порядка 0,1—0,12 *в*. Регуляторы громкости и тембра устанавливают в положение максимального усиления. При этом на нагрузке должна развиваться номинальная мощность 1,5 *вт*, что со-

ответствует напряжению на выходе около 2,2 *в* (в случае параллельно включенных громкоговорителей 1ГД-9).

Затем, не меняя положения регуляторов, вместо первого канала подключают второй. Как правило, выходное напряжение в этом случае оказывается иным, чем на первом канале. Вращая регулятор балансировки и подключая вольтметр поочередно то к одному, то к другому выходу, добиваются одинаковых показаний вольтметра на нагрузках. То положение регулятора балансировки, при котором оба канала имеют одинаковое усиление, отмечают как нулевое, поставив на ручке регулятора цветную точку или треугольник, а на верхней панели против этой точки — цветную риску.

Далее генератор звуковой частоты отключают от входа усилителя, а электронный вольтметр переключают на более чувствительные пределы до тех пор, пока он не покажет некоторое напряжение (порядка десятков милливольт). Это и есть напряжение фона. Наблюдая за показаниями вольтметра, вращают выведенный под шлиц потенциометр в цепи канала до получения минимального показания. Обычно это минимальное напряжение составляет 2—5 *мв*. Таким же образом регулируется второй канал. Если добиться уровня фона в 2—5 *мв* не удастся или если минимальное напряжение фона получается в крайнем положении балансировочного потенциометра, то нужно заменить лампу 6Ф3П на другую той же марки.

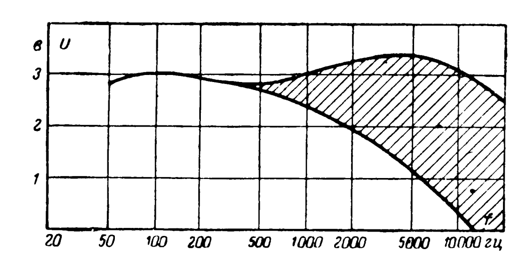


Рис. 8. Частотная характеристика усилителя.

Убедившись в том, что чувствительность и уровень фона находятся в пределах нормы, можно приступить к снятию частотных характеристик каналов. Они снимаются обычным образом. На рис. 8 приведена нормальная частотная характеристика, которую должен иметь каждый канал. Там же штриховкой показана область, в пределах которой могут располагаться частотные характеристики исправного, правильно собранного усилителя. Если характеристика резко отличается от указанной и выходит за пределы заштрихованной области, то это означает, что либо в монтаже допущена ошибка, либо неисправна какая-нибудь деталь. Чаще всего это получается из-за неправильного включения первичной обмотки выходного трансформатора. В этом случае достаточно поменять местами начало и конец первичной обмотки, не трогая отвода на экранную сетку.

Закончив электрическую регулировку, необходимо сфазировать громкоговорители. Это очень важно, поскольку при неправильной фазировке может полностью нарушиться эффект стереофонии. При

параллельном включении двух громкоговорителей правильное фазирование получается путем соединения их одноименных выводов, т. е. левого с левым, а правого с правым. На рис. 9 показано правильное и неправильное соединение громкоговорителей.

Необходимо также правильно подключить громкоговорители к усилителю. Для этого сигнал от генератора с частотой 200 *гц* подается на один из каналов, а громкоговорители обоих каналов устанавливаются рядом по фронту на расстоянии 2—4 *м* от оператора. Установив регулятором небольшую громкость, подключают к генератору вместе с первым и второй канал. Если при этом громкость звука заметно возрастет, значит оба акустических агрегата сфазированы правильно. Если же при подключении второго канала громкость не только не возрастет, но, наоборот, уменьшится, то необходимо перефазировать один из каналов, поменяв для этого в одном из усилителей (любом) концы шнура, идущего к громкоговорителям. После этого необходимо еще раз убедиться в правильности фазировки.

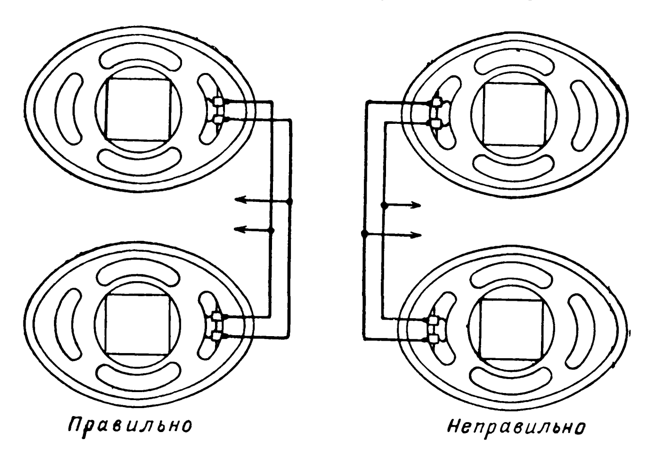


Рис. 9. Фазировка громкоговорителей.

Фазировку громкоговорителей можно проверить и без генератора более простым, хотя и менее предпочтительным способом. Для этого громкоговорители нужно подключить к обоим каналам и положить оба акустические агрегата на стол перед собой так, чтобы были видны диффузоры всех четырех громкоговорителей. Регулятор громкости устанавливается в среднее положение, оба входа усилителя соединяются вместе и к ним кратковременно подключается батарейка от карманного фонаря. Если в момент подключения батарейки все четыре диффузора будут двигаться в одну сторону (например, выталкиваться или втягиваться), значит фазировка правильная. Если же два диффузора одного канала втягиваются, а другого выталкиваются, то это значит, что громкоговорители не сфазированы. В этом случае надо поменять концы шнура громкоговорителей одного из каналов и снова проверить фазировку.

После того как громкоговорители будут правильно сфазированы, нужно пометить на каждой вилке громкоговорителей полярность их включения цветными метками, чтобы в дальнейшем можно было без затруднений подключать акустические агрегаты к усилителю.

Эксплуатация усилителя. В заключение считаем полезным дать несколько практических советов по эксплуатации стереофонического усилителя.

Прежде всего для получения максимального стереофонического эффекта необходимо правильно расположить громкоговорители в комнате и выбрать место для прослушивания. Если комната прямоугольная, то для размещения громкоговорителей следует выбрать стену бóльшую по длине, причем ту из них, которая меньше заставлена мебелью. В квадратной комнате громкоговорители можно располагать вдоль любой стены. Устанавливать их вплотную к стене не рекомендуется.

Очень важно, чтобы между обеими акустическими системами было выбрано правильное расстояние. Как показывает опыт, для жилых помещений в зависимости от размера комнаты и ее объема это расстояние может быть от 1 до 5 *м*. При расстояниях между системами меньше 1 *м* эффект стереофонии пропадает, а при расстояниях больше 5 *м* источник звука (например; оркестр) как бы делится на два самостоятельных источника, воспринимаемые слушателями раздельно.

Признаком правильной расстановки громкоговорителей является слуховое впечатление того, что весь промежуток между системами «заполнен» источником звука. Наибольшее проявление стереофонического эффекта наблюдается тогда, когда расстояние между слушателем и каждой системой с громкоговорителями равно расстоянию между самими системами.

Поскольку жилые помещения различны по акустическим свойствам, нельзя дать единой рекомендации для всех случаев Поэтому следует в каждом отдельном случае выбрать экспериментально наилучшее расположение громкоговорителей в комнате и определить зону максимального стереофонического эффекта. Если почему-либо установить громкоговорители вдоль одной стены окажется невозможным, то можно поместить их в одном из углов, направив излучатели в разные стороны (под углом в 45° к двум смежным стенам), как показано на рис. 10 (зона наибольшего стереофонического эффекта изображена здесь заштрихованной плоскостью).

В подавляющем большинстве случаев, если воспроизводится стандартная стереофоническая запись, ручка балансировки должна находиться в нулевом положении, намеченном цветной меткой Однако в отдельных случаях, при желании подчеркнуть музыкальное содержание одного из каналов (например, выделить голос солиста и ослабить оркестровое сопровождение), можно устанавливать регулятор балансировки в любое положение.

Следует заметить, что описанный стереофонический усилитель можно использовать и как обычный монофонический двухканальный усилитель. При воспроизведении монофонических записей оба входа нужно соединить параллельно, а регулятор стереобаланса обязательно поставить в нулевое положение. Общая мощность при этом составит 3 *вт*. Громкоговорители в этом случае лучше располагать

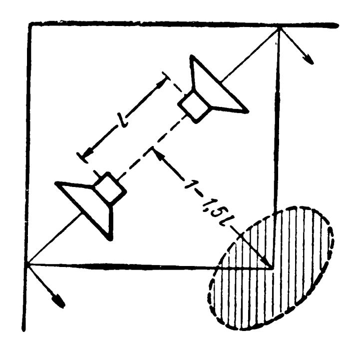


Рис. 10. Размещение громкоговорителей в углу комнаты.

так же, как и при воспроизведении стереофонических записей. Интересно, что при воспроизведении обычных монофонических записей через такой усилитель на две разнесенные акустические системы качество звучания получается гораздо выше, чем в случае обычного трехваттного усилителя или радиоприемника второго класса.

И, наконец, последнее замечание. Если в процессе эксплуатации усилителя выйдет из строя одна из ламп и ее придется заменить, то после такой замены необходимо вновь подобрать положение потенциометра в цепи накала этой лампы по минимуму фона и, в случае необходимости, заново установить нулевое положение ручки балансировки.

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ

Общая характеристика. Устройство выполнено в виде трех отдельных блоков: двухканального усилителя с выпрямителем и двух акустических агрегатов. В акустическую систему каждого канала входят по два громкоговорителя типа 4ГД-1 и по два громкоговорителя типа 1ГД-9.

Электрические и акустические параметры установки удовлетворяют требования на радиолы высшего класса. Электрическая полоса пропускания каждого канала составляет 40—30 000 *гц* при неравномерности частотной характеристики по напряжению ±2 *дб*. Номинальная выходная мощность равна 8 *вт* при коэффициенте нелинейных искажений не более 1,5%. Чувствительность по входу на частоте 1 000 *гц* порядка 100—250 *мв* (устанавливается при регулировке). Уровень фона при открытом входе и максимальном усилении примерно равен —60 *дб*. Ослабление паразитного проникания сигналов одного канала в другой не менее 40 *дб*.

Регулировка тембра раздельная по высоким и низким частотам. Глубина регулировки на частотах 60 и 8 000 *гц* не менее 15 *дб*. Частота разделения 1 000 *гц*. Изменение уровня сигнала на частоте 1 000 *гц* при регулировке тембра не более ±1 *дб*.

Регулировка громкости ручная, частотно-зависимая. При уменьшении уровня на частоте 1 000 *гц* на 40 *дб* уровень на частоте 60 *гц* понижается на 24 *дб*, а на частоте 8 000 *гц* на 32 *дб*, что соответствует кривой равных громкостей нормального человеческого слуха.

Потребляемая от сети мощность не превышает 80 *вт*.

Схема. Блок-схема усилителя представлена на рис. 11. Первая лампа 6Н2П в каждом канале используется как двухкаскадный усилитель напряжения. В третьем, фазоинверсном каскаде применена вторая лампа 6Н2П. Четвертый, оконечный двухтактный каскад собран на двух лампах 6П14П.

На рис. 12 показана принципиальная схема усилителя. Входная цепь с частотно-зависимым регулятором громкости каждого канала выполнена по оригинальной схеме, разработанной автором.

Обычно для частотно-зависимой регулировки громкости в усилителях применяют специальные переменные сопротивления с отводами, а также сдвоенные и даже строенные переменные сопротивления. Для стереофонического же усилителя в этом случае потребуется счетверенное или даже сшестеренное переменное сопротивление, что, конечно, трудно осуществимо.

Разработанная автором и примененная в этом усилителе частотно-зависимая регулировка громкости позволяет получить любую наперед заданную форму частотной характеристики при изменении

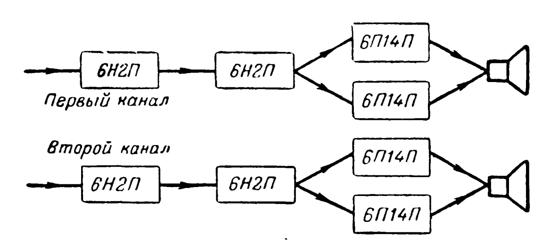


Рис. 11. Блок-схема высококачественного стереофонического усилителя.

громкости с помощью обычного переменного сопротивления без дополнительных отводов. Рассмотрим схему такой регулировки.

Сопротивления R_1 и R_4 (R'_1 и R'_4) вместе с конденсатором C_1 (C'_1) образуют фильтр, пропускающий почти без изменения уровня низшие и заваливающий высшие частоты. Параметры фильтра можно подобрать так, чтобы он ослаблял сигнал с частотой 1 000 *гц* по отношению к низкочастотной границе полосы пропускания (в нашем случае 40 *гц*) в заданное число раз. Тогда частоты выше 1 000 *гц* будут заваливаться, т. е. ослабляться, еще больше и на выходе фильтра будут практически отсутствовать. Типичная форма характеристики такого фильтра приведена на рис. 13 (кривая *1*).

Конденсатор C_2 (C'_2) небольшой емкости (20—100 *пф*) замыкает этот фильтр на высших частотах, так как его реактивное сопротивление в этом случае намного меньше суммарного активного сопротивления $R_4 + R_1$ ($R'_4 + R'_1$). На нижних частотах (практически на частотах ниже 1 000 *гц*) он не оказывает на характеристику фильтра никакого влияния. В результате суммарная частотная характеристика фильтра с конденсатором C_2 (C'_2) получается такой, как показано на рис. 13 (кривая *2*).

Подобрав соответствующим образом значения указанных сопротивлений и конденсаторов, можно получить такую частотную характеристику, какую желательно иметь при минимальной громкости. Из схемы (рис. 10) видно, что в крайнем верхнем положении движка

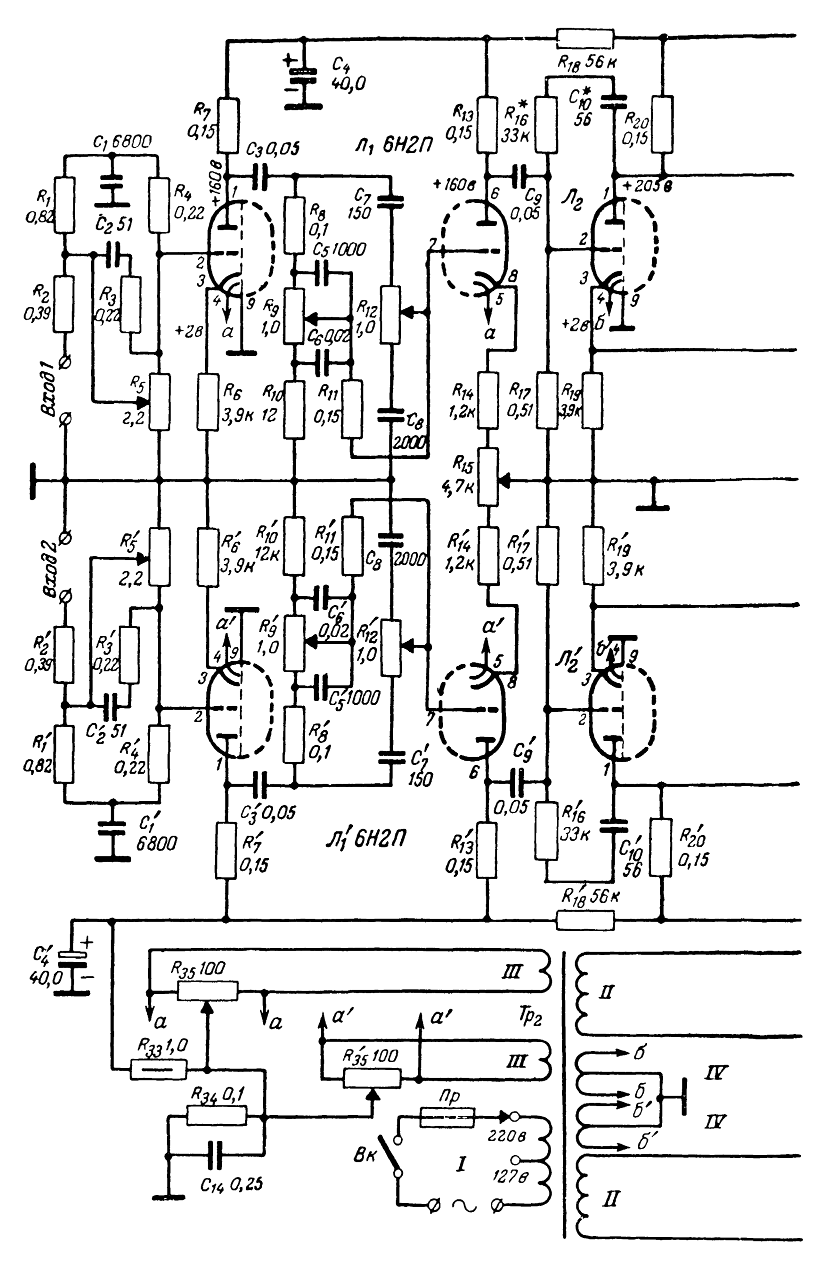
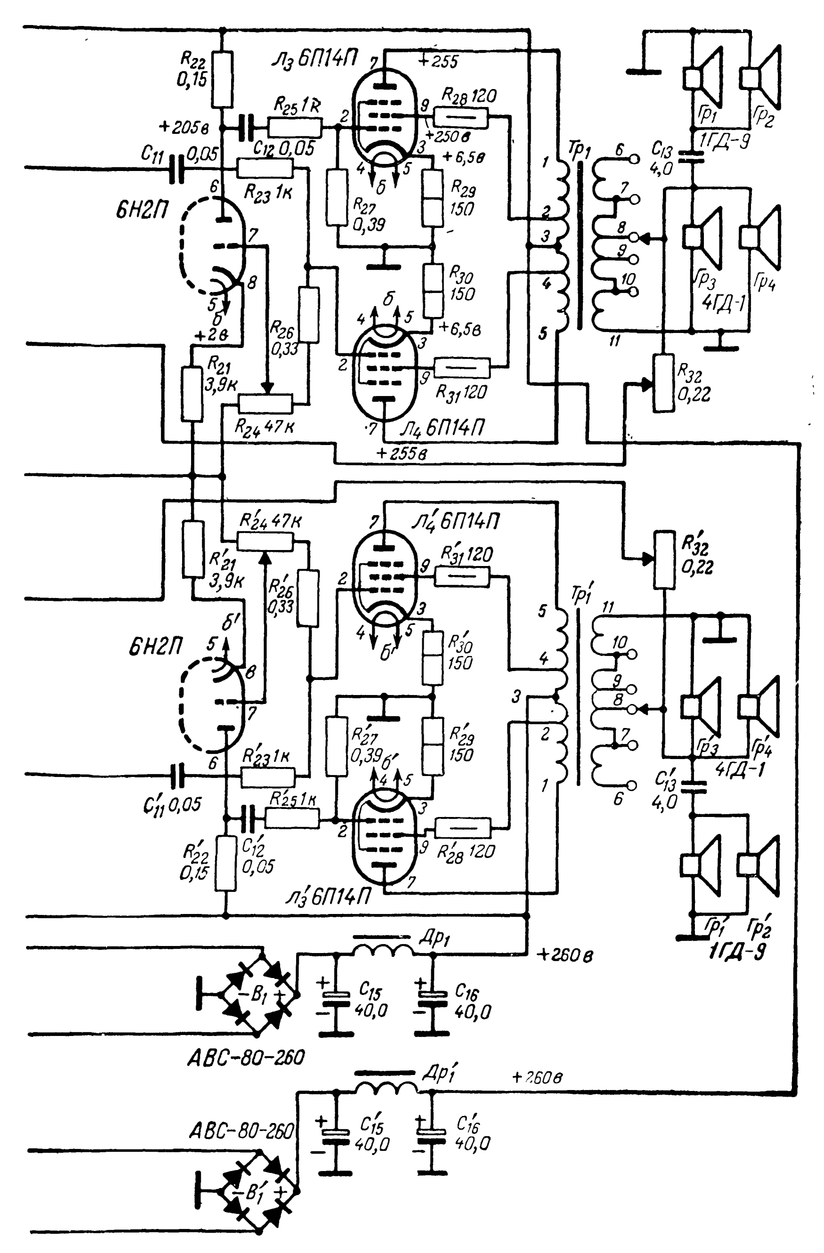


Рис. 12. Принципиальная схема высококачественного



стереофонического усилителя.

регулятора громкости — потенциометра R_5 фильтр замкнут накоротко и поэтому не оказывает никакого влияния на форму частотной характеристики усилителя. Это положение регулятора соответствует максимальной громкости. По мере перемещения движка в нижнее положение происходит уменьшение громкости, так как изменяется соотношение сопротивлений R_2 и нижней части потенциометра R_5. Одновременно с этим уменьшается шунтирующее действие верхнего плеча регулятора громкости на частотно-зависимый фильтр, в результате чего сквозная частотная характеристика усилителя изменяется по закону кривой равных громкостей. В нижнем положении движок регулятора громкости заземлен и сигнала на выходе фильтра нет. Указанные на схеме значения сопротивлений и конденса-

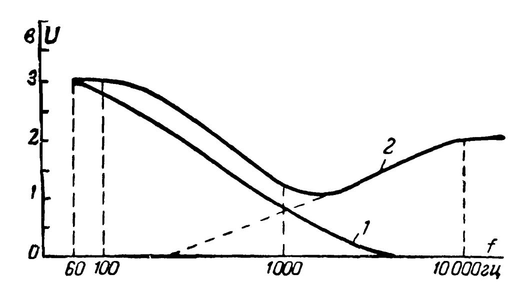


Рис. 13. Частотная характеристика тонкомпенсированного регулятора громкости.

торов выбраны в результате большой экспериментальной работы и обеспечивают сохранение естественного соотношения частотных компонент звука при любом уровне громкости.

С выхода фильтра сигнал поступает на сетку триода лампы $Л_1$ первого усилительного каскада и после усиления подается на цепь регулировки тембра. В усилителе применена глубокая раздельная регулировка по высшим и низшим частотам. Поскольку регулировка тембра построена по принципу ослабления сигнала, возникает необходимость последующего дополнительного усиления. Это и выполняет второй триод лампы $Л_1$. Для уменьшения уровня фона, снижения нелинейных искажений и неравномерности частотной характеристики оба каскада охвачены отрицательной обратной связью по току.

Следующий каскад на лампе $Л_2$ представляет собой видоизмененный автобалансный фазоинвертор, необходимый для получения двух равных по величине и противоположных по фазе напряжений для раскачки ламп двухтактного оконечного каскада. Выбранная схема инвертора хотя и содержит два триода (вместо одного), но зато обеспечивает высокую идентичность выходных напряжений при большой амплитуде и коэффициенте искажений, не превышающих 0,4—0,6%. Переменное сопротивление R_{24} в цепи сетки одного из триодов позволяет осуществить балансировку инвертора с необходимой точностью. Оба триода фазоинвертора также охвачены отрицательной обратной связью по току.

Выходной двухтактный каскад выполнен по ультралинейной схеме, о которой уже говорилось при описании простого стереофонического усилителя. Можно добавить лишь, что применение ультралинейного включения в двухтактной схеме дает еще больший выигрыш в снижении нелинейных искажений, чем в однотактной, и позволяет довести общий коэффициент нелинейных искажений усилителя до 1—1,5%.

Цепочки $R_{16}C_{10}$ и антипаразитные сопротивления R_{23} и R_{25} предотвращают самовозбуждение усилителя на ультразвуковой частоте. Защитные сопротивления R_{28} и R_{31} служат предохранителями для ламп оконечного каскада в случае обрыва анодной цепи или при значительных перегрузках усилителя. Цепи снижения уровня фона от накала ламп для первых каскадов такие же, как и в простом стереофоническом усилителе.

Регулятор стереобаланса R_{15}, включенный в катодную цепь второго каскада каждого канала, регулирует усиление одновременно за счет некоторого смещения рабочей точки лампы и сильной обратной связи по току.

Трансформатор питания $Тр_2$ общий для всего стереоусилителя, а выпрямители $В_1$ и $В_2$ отдельные для каждого канала (селеновые выпрямители типа АВС-80-260 можно заменить полупроводниковыми диодами типа Д7Ж). Фильтр выпрямителя состоит из дросселя $Др_1$ и электролитических конденсаторов C_{15} и C_{16}. Первые каскады усилителя питаются через дополнительный фильтр $R_{18}C_4$.

Нагрузкой каждого канала служат одинаковые акустические агрегаты, состоящие каждый из четырех громкоговорителей: двух четырехваттных типа 4ГД-1 и двух одноваттных эллиптических типа 1ГД-9. Громкоговорители 4ГД-1 соединены параллельно и расположены фронтально на специальном переднем акустическом щите. Громкоговорители 1ГД-9 также включены между собой параллельно, но подключены к выходу усилителя через конденсатор C_{13}. При таком включении сигнал с выхода каждого из усилителей можно разделить по частоте на два канала: основной широкополосный, работающий на громкоговорители 4ГД-1, и дополнительный, нагруженный на громкоговорители 1ГД-9, расположенные на боковых стенках каждого акустического агрегата.

Конструкция и детали. Усилитель смонтирован на стальном оцинкованном шасси вместе с выпрямителем. Разметка шасси дана на рис. 14. На этом же шасси оставлено свободное место (на рис. 14 ограничено пунктиром), чтобы радиолюбитель в дальнейшем мог смонтировать здесь УКВ приемник с полярным детектором для приема стереофонических радиопередач. Все это устройство помещается в декоративный деревянный футляр.

Шасси можно изготовить и из алюминия, но тогда трансформатор питания нужно поместить в стальной кожух или отгородить его от остального монтажа стальным экраном. Еще лучше в этом случае выпрямитель смонтировать на небольшом отдельном шасси и поместить его подальше от усилителя, прикрепив к противоположной боковой стенке футляра.

Собранный усилитель показан на рис. 15. Выходные трансформаторы и трансформатор питания здесь расположен так, чтобы связь между ними была минимальной. Если радиолюбитель захочет компоновать усилитель иначе, то надо обратить внимание на необходимость предельного уменьшения магнитного воздействия трансфор-

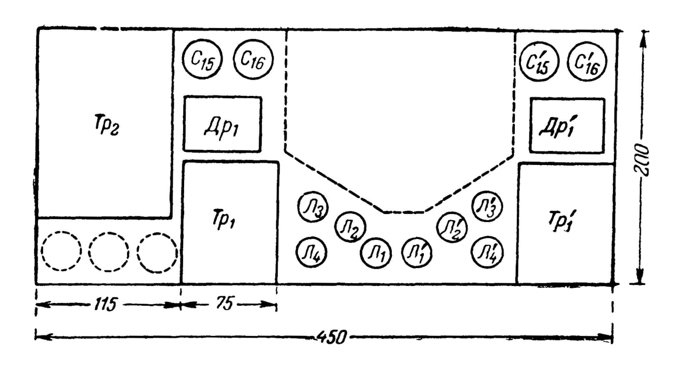
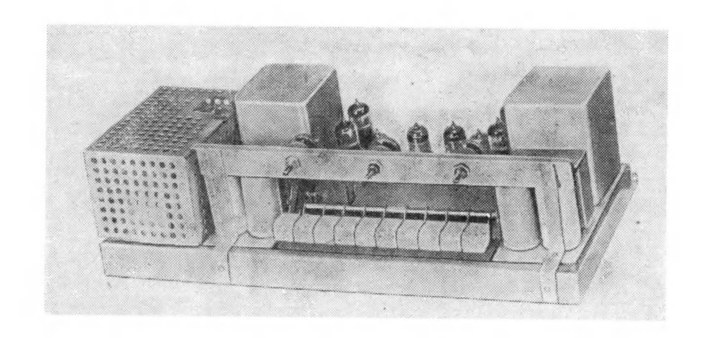


Рис. 14. Разметка шасси усилителя.



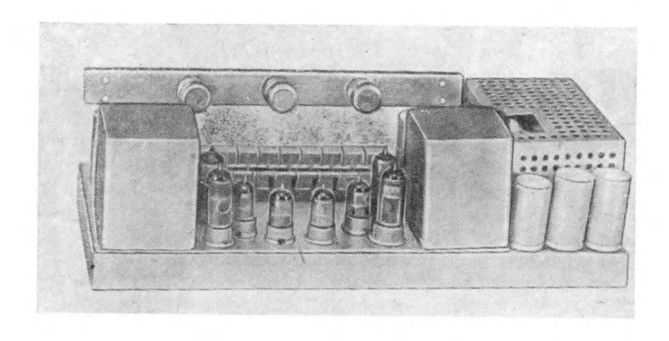


Рис. 15. Общий вид усилителя.

матора питания на выходные трансформаторы и на первые лампы усилителя и их цепи (регуляторы громкости и тембра). Необходимо также по возможности ослабить как магнитную, так и емкостную связь выходных цепей каждого канала усилителя и связь каналов между собой. Входные и выходные гнезда для подключения звукоснимателя и громкоговорителей должны быть также предельно разнесены.

Сопротивления и конденсаторы, относящиеся к цепи тонкомпенсации регуляторов громкости, лучше всего смонтировать на отдельной изоляционной планке и поместить ее рядом со сдвоенным переменным сопротивлением. Такую планку в случае необходимости легко изготовить самому из небольшого куска изоляционного материала

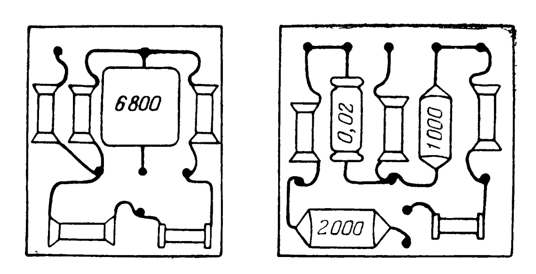


Рис. 16. Эскизы монтажных планок.

(гетинакс, текстолит, органическое стекло) и отрезков голой медной проволоки диаметром 0,8—1,5 *мм*. Вырезав планку требуемого размера, просверливают в ней в нужных местах отверстия и вставляют в них отрезки проволоки длиной 8—12 *мм* так, чтобы они поровну выходили с обеих сторон планки (проволока должна входить в отверстия туго). Выступающие концы проволоки обжимают плоскогубцами или расклепывают вдоль (а не в торец) с обеих сторон. Для крепления планки к шасси надо приклепать с одной ее стороны металлические угольники. Эскизы планок, примененных автором для монтажа цепей тонкомпенсации и регулятора тембра приведены на рис. 16.

Чтобы параметры изготовленного усилителя были близки к приведенным выше, необходимо при его монтаже придерживаться следующих рекомендаций.

Заземляемые (на корпус шасси) выводы конденсатора C_1 (C'_1) и сопротивления R_5 (R'_5) надо подвести к центральному лепестку ламповой панельки первой лампы и вместе с ее девятым штырьком заземлить в одной точке шасси рядом с панелькой (заземлять каждую из этих деталей в разных точках шасси не рекомендуется). Эта лампа должна быть обязательно помещена в экран.

Провода накала первых ламп каждого канала должны быть свиты вместе, помещены в металлическую экранирующую оплетку и подведены к своему потенциометру балансировки канала (100 *ом*).

Оплетку нужно тщательно припаять к шасси со стороны потенциометра.

Все провода от регуляторов громкости и тембра должны быть экранированными, причем металлическую оплетку экрана необходимо изолировать от шасси по всей длине, поместив для этого экранированный провод в хлорвиниловый или кембриковый чулок. В крайнем случае, при отсутствии такого чулка, провода можно обмотать изоляционной лентой. Использовать экранирующую оплетку в качестве токонесущего заземленного проводника нельзя. Заземлить оплетку нужно только со стороны лампы лишь в той точке, в которой заземляется сопротивление автоматического смещения данного каскада.

Металлические защитные корпуса переменных сопротивлений можно заземлять в любом месте по возможности короткими толстыми (0,5—0,8 *мм*) проводами. Переходные конденсаторы первых каскадов как в сеточной, так и в анодной цепях следует брать типов БГМТ, БГМШ или др., но обязательно в металлическом корпусе. Их корпуса надо плотно обмотать медной голой проволокой (0,35—0,5 *мм*) или обтянуть скобкой из тонкой белой жести и каждый образованный таким образом статический экран заземлить в отдельной точке на шасси короткими проводами.

Как уже указывалось, монтаж отдельных участков схемы удобнее всего производить на специальных монтажных планках. Можно добавить, что когда такая планка установлена на шасси, ее полезно заэкранировать. Для этого из тонкой белой жести вырезается экран в форме полоски необходимой ширины с тремя-четырьмя выступами с одной стороны. Вырезанный экран сгибается по форме планки и припаивается выступами прямо к шасси. Такой экран можно вырезать и из обычной консервной банки.

В конструкции усилителя предусмотрен переключатель рода работ, не указанный на принципиальной схеме. Такой переключатель нужен, если через стереоусилитель будут воспроизводиться поочередно передачи с УКВ приемника, стереопроигрывателя, стереомагнитофона, а также, если стереоусилитель будет использоваться для воспроизведения монофонических записей. Автор применил самодельный кнопочный переключатель, изготовленный на базе клавишного переключателя от приемника «Фестиваль». Однако проще использовать обычный стандартный переключатель типа ПУМ (переключатель универсальный многопозиционный) с соответствующим количеством секций и плат.

Входные и выходные гнезда усилителя, гнездо предохранителя, переключатель сети и сетевой шнур выведены на заднюю стенку шасси, а ручки управления громкостью, тембром, стереобалансом, а также переключатель рода работ и индикаторные лампочки размещены на декоративной передней панели. Там же можно поместить и ручку настройки УКВ приемника.

Переднюю панель можно изготовить из листового алюминия, цветного пластика или из фанеры ценных пород. Футляр усилителя выполняется в соответствии со вкусом и возможностями. Можно, например, использовать для усилителя подходящий по размерам футляр от старого радиоприемника.

В усилителе, за исключением трансформаторов, применены готовые детали. Значения сопротивлений и конденсаторов, отмеченных звездочкой, должны точно соответствовать указанным на схеме. Зна-

чения остальных деталей могут отклоняться от указанных на ±20%, однако при их подборе необходимо обязательно руководствоваться соображениями, изложенными при описании простого стереофонического усилителя.

Выходные трансформаторы выполняются на сердечниках из пластин Ш-28, толщина пакета 40 *мм*. Обмотки трансформатора разбиваются на пять секций и располагаются на каркасе так, как показано на рис. 17. Все секции наматываются в одну сторону и соединяются между собой в соответствии с принципиальной схемой (рис. 12). Секция I состоит из 30 витков провода ПЭВ 1,0, секция II — из 700+ +500 витков ПЭВ 0,2, секция III — из 15+15+15 витков ПЭВ 1,0, секция IV — из 500+700 витков ПЭВ 0,2 и секция V — из 30 витков ПЭВ 1,0. Выводы обмоток лучше всего распаять на специальной планке, чтобы при необходимости трансформатор можно было снять с шасси, не нарушая монтаж самого усилителя. Сердечник собирается без зазора (вперекрышку). Оба выходных трансформатора должны быть совершенно одинаковыми. Соединять их с анодами оконечных ламп рекомендуется экранированным проводом.

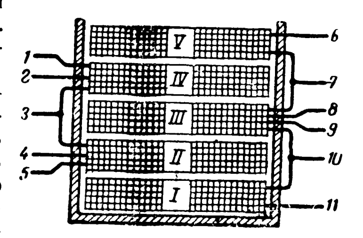


Рис. 17. Расположение обмоток выходного трансформатора.

Трансформатор питания собран на сердечнике Ш-40, толщина пакета 50 *мм*. Сетевая обмотка I состоит из 304 витков провода ПЭВ 0,74 плюс 222 витка ПЭВ 0,51. Две повышающие обмотки II имеют по 710 витков провода ПЭВ 0,23—0,31. Накальные обмотки III для первых ламп каждого канала содержат по 16 витков провода ПЭВ 0,44, а накальные обмотки IV для остальных ламп — по 8+8 витков провода ПЭВ 1,0—1,2.

Оба акустических агрегата совершенно одинаковые. Футляр каждого из них представляет собой обычный ящик без передней и задней стенок, изготовленный из 10—12-миллиметровой фанеры. Четыре его стенки (две боковые, верхняя и нижняя) жестко соединены между собой, образуя короб. Соединение стенок лучше производить на шипах с посадкой на столярный клей. Можно, конечно, применить и другие способы соединения, например склеивание с помощью деревянных брусков треугольного сечения или соединение металлическими скобами, однако первый способ предпочтительней всех других, так как он обеспечивает наибольшую жесткость конструкции, что очень важно для акустического агрегата. В боковых стенках ящика надо сделать отверстия для громкоговорителей 1ГД-9.

Основной передний акустический щит изготавливается отдельно. Оттого, насколько хорошо будет сделан щит, во многом зависит качество воспроизведения нижних частот, поэтому лучше всего постараться сделать его в точности так, как описано ниже.

Материалом для изготовления щита могут служить специальная так называемая «музыкальная» ель, либо обычная ель, либо, в крайнем случае, обыкновенная сосна. Другие древесные породы для изготовления щита мало пригодны. Дерево должно быть сухим В соответствии с рис. 18 из приготовленной еловой или, сосновой доски на-

до вырезать заготовки (бруски) указанного сечения и длины. Все грани брусков зашкуриваются наждачной бумагой и из брусков склеивается щит. Склеивать бруски нужно столярным или хорошим казеиновым клеем, следя за тем, чтобы щит получался ровным.

Набранный из брусков щит прочно зажимают в тиски по всей длине и оставляют его в таком виде на 1—2 суток для сушки. Если нет столярных тисков, то щит можно стянуть четырьмя-пятью железными скобами любой конструкции или в крайнем случае сжать его, положив на перевернутую табуретку и вбить между ее ножками и щитом распорные клинья.

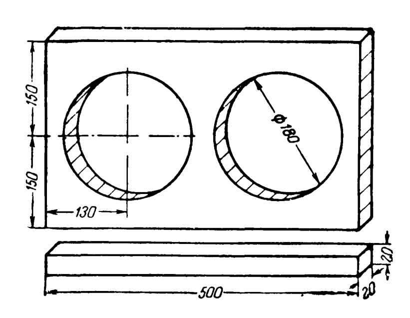


Рис. 18. Акустический щит для громкоговорителей.

После просушки щит надо обстругать зашкурить и офанеровать с обеих сторон обычным шпоном (например, березой или кленом), обязательно располагая волокна шпона поперек брусков щита. Если нет шпона, то можно наклеить на щит тонкую (не толще 1,5 *мм*) фанеру или обклеить его двумя-тремя слоями (с каждой стороны) хлопчатобумажной или льняной бельевой ткани. Клеить нужно обязательно столярным или казеиновым клеем.

Когда после этого щит окончательно просохнет (еще 1—2 суток), его размечают и вырезают в нем отверстия под громкоговорители, а также обрезают края по размерам, указанным на рис. 18. Затем его надо тщательно зашкурить и протереть сперва влажной, а потом сухой тряпкой, чтобы пыль и опилки не попали потом в диффузоры громкоговорителей. Внутреннюю сторону круглых отверстий под громкоговорители с этой же целью рекомендуется покрыть мебельным лаком или в крайнем случае промазать клеем.

Наружную сторону щита нужно обтянуть декоративной тканью, лучше всего серо-стального или светло-коричневого тона. Натягивается она плотно, без перекосов и приклеивается на торцах щита с небольшим (по 2—3 *см*) заходом на обратную, внутреннюю сторону, где ее также надо приклеить столярным или казеиновым клеем. Приклеивать ткань прямо к передней стороне доски нельзя.

К изготовленному таким образом щиту нужно с внутренней его стороны прикрепить шурупами скобки или угольники для крепления щита к футляру. Расположение громкоговорителей в акустическом агрегате представлено на рис. 19, а внешний вид этого агрегата показан на рис. 20.

Регулировка усилителя. Чтобы хорошо проверить, отрегулировать и наладить собранный высококачественный стереофонический усилитель потребуется следующая измерительная аппаратура: звуковой генератор, электронный вольтметр, тестер и осциллограф.

Сначала от обоих выпрямителей (B_1 и B_1') надо отпаять по одному (любому) проводу, идущему от повышающих обмоток II трансформатора Tp_2, и, включив усилитель в электросеть, измерить

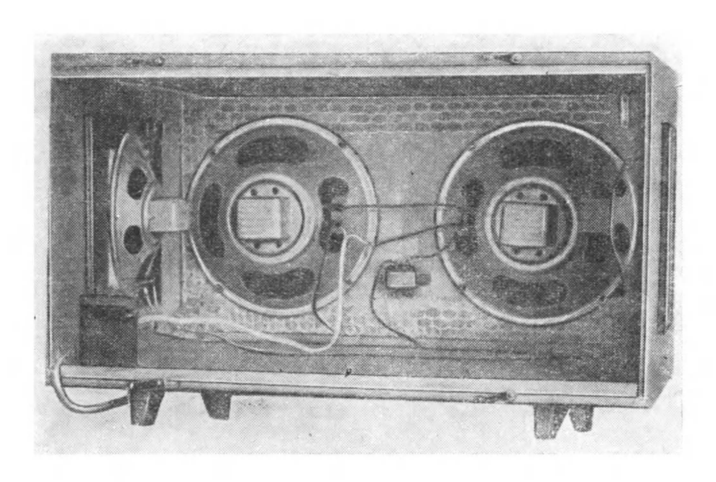


Рис. 19. Расположение громкоговорителей в акустическом агрегате.

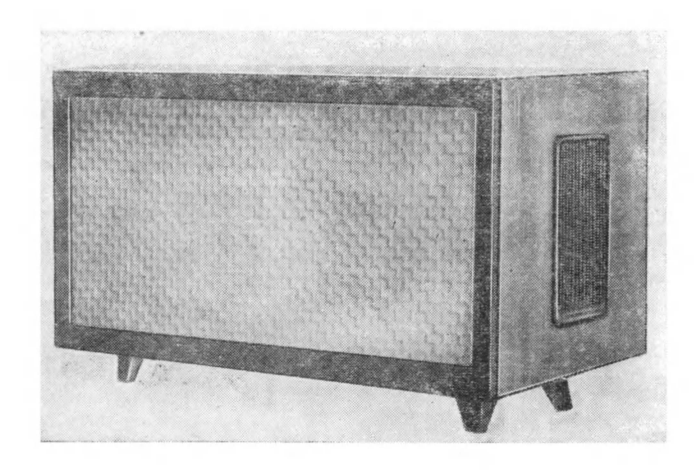


Рис. 20. Внешний вид акустического агрегата.

тестером напряжение накала на всех лампах (оно не должно выходить за пределы 5,7—6,9 *в*), а также переменное напряжение на обоих повышающих обмотках (оно может находиться в пределах 240—265 *в*).

Вся дальнейшая проверка и регулировка описывается применительно к одному каналу. Второй канал регулируется аналогично, но только после того, как будет полностью отрегулирован первый.

Очень рекомендуем записывать результаты всех измерений, чтобы потом сравнить идентичность каналов.

Потенциометр балансировки фазоинвертора R_{24} нужно установить в положение, при котором его движок заземлен. Тестер в положении измерения постоянного напряжения на пределе 300—500 *в* подключают к выходу фильтра выпрямитля и, включив усилитель, кратковременно присоединяют к выпрямителю отпаянный от него провод. Если при этом тестер покажет напряжение порядка 240—300 *в*, то провод можно припаять, выключив предварительно усилитель и разрядив конденсаторы фильтра. При другом напряжении необходимо проверить исправность селенового столбика, конденсаторов и дросселя фильтра, а также правильность монтажа.

Убедившись в исправности выпрямителя, можно подключить к выходу усилителя акустический агрегат. У управляющей сетке лампы $Л_3$ подключают соединенные параллельно ламповый вольтметр и осциллограф, а на сетку левого (по схеме) триода лампы $Л_2$ подают от звукового генератора сигнал с частотой 200—1 000 *гц* такой величины, чтобы на сетке лампы $Л_3$ было напряжение 5 *в*. На осциллографе при этом должна наблюдаться синусоида без малейших искажений.

Далее, не трогая никаких регуляторов и не выключая усилителя, переносят щуп вольтметра и осциллографа на управляющую сетку лампы $Л_4$ и, осторожно вращая потенциометр балансировки фазоинвертора R_{24}, доводят напряжение на сетке этой лампы тоже до 5 *в*.

Затем снова проверяется напряжение на сетке лампы $Л_3$. Если оно немного изменилось, например, стало 4,5 *в*, то увеличивают сигнал от звукового генератора так, чтобы напряжение на сетке этой лампы вновь стало 5 *в* и снова регулируют потенциометр балансировки до тех пор, пока напряжение на сетке лампы $Л_4$ не окажется равным 5 *в*. Это повторяют несколько раз, пока на сетках обеих ламп не будет равных напряжений (допустимыми считаются отклонения не более 0,05 *в*). По окончании такой регулировки регулятор балансировки фазоинвертора необходимо закрепить, а затем проверить, не нарушилась ли при этом балансировка.

После этого регулятор стереобаланса R_{15} устанавливают в среднее положение, потенциометр R_{32} — в положение наибольшего сопротивления, регуляторы громкости и тембра — в положение максимального усиления. Входные гнезда регулируемого канала замыкают накоротко куском провода, а к выходу канала, параллельно громкоговорителям, подключают одновременно электронный вольтметр и осциллограф. Включив осциллограф на наибольшую чувствительность и постепенно переключая вольтметр с более грубых шкал на более чувствительные, определяют уровень фона, снижая его регулировкой потенциометра R_{35}. Максимальная величина фона при замкнутом входе усилителя не должна превышать 3—5 *мв*. Больший уровень фона получается обычно из-за неправильного монтажа и плохой экранировки.

Добившись нормального уровня фона, следует установить заданную чувствительность усилителя со входа (100—250 *мв* в зависимости от э. д. с. источника сигнала). Для этого подключенный к выходу вольтметр переводят на шкалу 10 *в*, а осциллограф переключают на меньшую чувствительность. Не трогая никаких регуляторов, надо снять затем с входных гнезд перемычку и подать на вход усилителя сигнал (100—250 *мв*) с частотой 1 000 *гц* от звукового

генератора и, медленно вращая ручку потенциометра R_{32}, добиться того, чтобы напряжение на выходе усилителя снизилось до 4,2 *в*, а синусоида на экране осциллографа получилась без каких-либо искажений. В этом положении ось потенциометра необходимо закрепить.

После этого можно приступить к снятию частотных характеристик. Их нужно снять по крайней мере три для каждого канала: две на максимальной громкости (регуляторы тембра в положениях наибольшего подъема и завала) и третью на минимальной (близкой к нулю) громкости.

Частотные характеристики должны быть близки к приведенным на рис. 21. В случае значительных отклонений полученных характе-

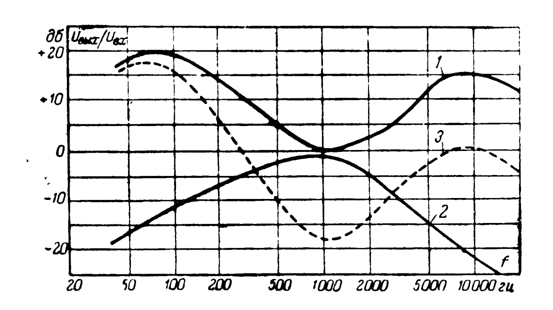


Рис. 21. Частотные характеристики усилителя.

1 — на максимальной громкости при наибольшем подъеме частот; *2* — то же при наибольшем завале частот; *3* — на минимальной громкости.

ристик от приведенных нужно найти и устранить причины такого несоответствия. Одной из наиболее вероятных причин этого может оказаться неверная распайка секций выходного трансформатора или неправильное подключение экранирующих сеток ламп оконечного каскада к отводу первичной обмотки выходного трансформатора. Незначительные отклонения частотных характеристик (в пределах 10%) допустимы. Гораздо важнее, чтобы соответствующие характеристики двух каналов были предельно идентичны.

На этом предварительная регулировка одного канала заканчивается и таким же образом регулируется другой канал. После регулировки второго канала желательно еще раз проверить первый и убедиться, что основные параметры обоих каналов не различаются более, чем на ±5%.

Затем проверяют работу регулятора стереобаланса R_{15}. При вращении его ручки от среднего положения до одного из крайних усиление одного канала должно уменьшиться, а другого увеличиться на 20—50%. То положение регулятора стереобаланса, при котором оба канала имеют одинаковое усиление, нужно пометить как нулевое.

При окончании регулировки усилителя в целом необходимо проверить в работе сначала один, а затем второй акустические агрегаты. Для этого вход работающего канала соединяют со звуковым ге-

нератором, а к выходу канала подключают параллельно громкоговорителям вольтметр (шкала 10 *в*). Регулятор громкости надо установить в положение максимального усиления, а оба регулятора тембра — в среднее положение. На вход усилителя сначала подается сигнал с частотой 40 *гц* такой величины, чтобы вольтметр показывал 4 *в*. Затем очень медленно повышая частоту сигнала и поддерживая напряжение на выходе равным 4 *в*, внимательно слушают воспроизводимый звук. Как только на какой-то частоте появится дребезжание, необходимо найти и устранить его причину (например, неплотное крепление громкоговорителя к щиту или щита к футляру и т. п.). Таким путем прослушивают работу агрегата на всей полосе воспроизводимых частот.

Эксплуатация усилителя. О размещении акустических агрегатов в помещении, а также и других особенностях использования стереофонического устройства уже говорилось при описании простого стереофонического усилителя. Поэтому здесь мы ограничимся несколькими советами применительно к данному высококачественному усилителю.

Соединительные шланги между усилителем и акустическими агрегатами можно делать любой длины, однако провода этих шлангов должны быть достаточно толстыми (не менее 0,75 *мм*²). Провода же от стереопроигрывателя или стереомагнитофона, идущие к усилителю, должны быть по возможности короткими, поскольку в длинных экранированных проводах возможны большие потери на высших частотах. Лучше, чтобы сигнал подводился к входам усилителя двумя отдельными экранированными проводами, так как иначе неизбежны взаимные наводки между каналами из-за емкостной связи между проводами.

Наличие тонкомпенсированной регулировки позволяет устанавливать желаемый тембр звука при любой громкости. После установки того или иного тембра как при увеличении, так и при уменьшении громкости будут автоматически сохраняться выбранные соотношения между высшими, низшими и средними частотами.

И последнее замечание. Если в процессе эксплуатации усилителя выйдет из строя какая-нибудь деталь или лампа, то после ее замены необходимо вновь проверить основные параметры усилителя и в случае необходимости произвести соответствующую регулировку.

* *
*

Может случиться, что радиолюбитель, решивший собрать высококачественный стереофонический усилитель, не достанет громкоговорители типа 4ГД-1. Мы должны предупредить, что простая замена этих громкоговорителей другими подходящей мощности (например, от радиоприемников «Урал», «Балтика» и подобных им) недопустима, так как это может ухудшить качество воспроизведения установки в целом, несмотря на высокие качественные показатели усилителя.

В этом случае можно собрать акустическую систему, построенную по принципу раздельного воспроизведения высокочастотных участков рабочего диапазона с общим низкочастотным излучателем. Такая система отличается от описанной выше способом подключе-

ния громкоговорителей, которых в этом случае нужно всего три вместо восьми.

В качестве основного, низкочастотного лучше всего использовать восьми—десятиваттные громкоговорители от радиоприемников «Рига-10», «Латвия» или громкоговорители, применяемые в киноустановках (производства завода «Кинап»). Этот основной громкоговоритель помещается в отдельном деревянном футляре глубиной не менее 0,5 *м* и размерами его передней отражательной доски (акустического щита) не менее 1×1 *м*.

Акустический щит для основного громкоговорителя изготавливают так, как это было описано на стр. 23, только размер отверстия под громкоговоритель выбирают в соответствии с диаметром его диффузора, а сечение брусков, из которых склеивается щит, увеличивают до 9 $см^2$ (3×3 *см*). Отверстие под громкоговоритель вырезают не в центре щита, а выше центра на 5 *см*. Под этим отверстием на равном расстоянии от его нижнего края и от нижней доски ящика надо выпилить продольную прямоугольную щель длиной 15—20 и высотой 3—4 *см*. Снаружи щит оклеивают драпировочным материалом. Сборку футляра производят так, как это описано на стр. 24.

Кроме одного низкочастотного громкоговорителя, для этой системы требуются еще два высокочастотных (по одному на каждый канал), которые размещают в отдельных футлярах. В качестве высокочастотных лучше всего взять специальные громкоговорители типа ВГ-Д, но можно применить и обычные одноваттные громкоговорители типов 1ГД-5, 1ГД-6, 1ГД-9, 1ГД-18, а еще лучше использовать в каждом канале по одному двухваттному громкоговорителю типа 2ГД-3.

Высокочастотные громкоговорители устанавливают в небольших деревянных футлярах произвольной формы и объема. Снаружи каждый футляр желательно офанеровать шпоном ценных пород дерева, а переднюю стенку футляра с отверстием для громкоговорителя задрапировать декоративной тканью

Для подключения всех трех громкоговорителей к усилителю в последнем придется сделать некоторые изменения Прежде всего надо отсоединить от обоих выходных трансформаторов $Тр_1$ и $Тр'_1$ цепи отрицательной обратной связи (отпаять сопротивления R_{32} и R'_{32}), отпаять от шасси заземленные выводы вторичных обмоток этих трансформаторов и соединить эти обмотки последовательно.

Чтобы убедиться в том, что обмотки соединены правильно (не встречно), нужно соединить оба входа усилителя параллельно, подать на них от звукового генератора переменное напряжение любой частоты (можно даже подключить к входу конец общей накальной обмотки трансформатора питания) и измерить напряжение на выходе усилителя. При правильном соединении вторичных обмоток напряжение между началом одной и концом второй должно быть вдвое больше, чем на каждой обмотке в отдельности, а при неправильном их соединении напряжение в тех же точках будет равно нулю.

Общую точку соединенных обмоток нужно заземлить, т. е. соединить с шасси. Низкочастотный громкоговоритель подключают к отводам обеих вторичных обмоток трансформаторов симметрично относительно общей заземленной точки. В зависимости от примененного громкоговорителя отводы от обмоток для его подключения

подбирают по максимальной неискаженной мощности. При этом очень важно, чтобы оба канала усилителя имели одинаковое усиление, для чего необходимо установить в нулевое положение ручку балансировки и убедиться в том, что напряжения на вторичных обмотках обоих трансформаторов одинаковы. Подбор начинают с первых отводов (считая от общей заземленной точки обеих обмоток), постепенно увеличивая затем подключаемое число витков, причем оба вывода громкоговорителя необходимо пересоединять со следующими отводами обмоток так, чтобы сохранялась симметричность его включения относительно общей заземленной точки.

Затем следует подключить к усилителю высокочастотные громкоговорители. Для этого на один из каналов усилителя подают от звукового генератора сигнал частотой 5000 *гц*, один из выводов высокочастотного громкоговорителя соединяют с шасси, а второй его вывод через бумажный конденсатор емкостью 4 *мкф* подключают поочередно к различным отводам вторичной обмотки выходного трансформатора данного канала до получения максимальной неискаженной выходной мощности.

Для контроля правильности подключения высокочастотного громкоговорителя нужно параллельно с ним включить осциллограф и вольтметр. Уровень сигнала на входе усилителя следует поддерживать таким, чтобы на экране осциллографа были заметны небольшие искажения формы получившейся кривой. Если при подключении громкоговорителя к следующему отводу вторичной обмотки трансформатора искажения уменьшатся или пропадут совсем, а выходное напряжение увеличится, то надо добавить напряжение на входе усилителя до получения вновь небольших, но заметных на глаз искажений формы усиливаемого сигнала и продолжать подбор отвода. Если же при подключении громкоговорителя к следующему отводу искажения не только не пропадут, но, наоборот, увеличатся, значит, предыдущий отвод соответствовал максимальной неискаженной выходной мощности. С этим найденным таким образом отводом через конденсатор емкостью 4 *мкф* и надо соединить выходное гнездо одного из высокочастотных громкоговорителей (другое для него гнездо соединяется с шасси). Выходное гнездо для второго высокочастотного громкоговорителя также через конденсатор емкостью 4 *мкф* соединяют с таким же отводом вторичной обмотки выходного трансформатора второго канала (другое гнездо для этого громкоговорителя соединяют с шасси). Гнезда для включения низкочастотного громкоговорителя подключаются к найденным ранее отводам от обеих вторичных обмоток.

После того как все громкоговорители будут подсоединены, нужно установить нормальную чувствительность усилителя, поскольку из-за отключения цепей отрицательной обратной связи она заметно возрастет. Для этого постоянные сопротивления R_{17} и R'_{17} в цепях сеток левых (по схеме) триодов ламп $Л_2$ и $Л'_2$ надо заменить потенциометрами, соединив сеточные выводы ламп с движками этих потенциометров. Оба потенциометра с осями «под шлиц» устанавливают на шасси на место изъятых переменных сопротивлений R_{32} и R'_{32}.

Установив движок потенциометра R_{17} в крайнее верхнее положение, соответствующее максимальному усилению, подают на вход первого канала сигнал в 0,1—0,2 *в* (в зависимости от заданной

чувствительности усилителя) частотой 1 000 *гц*, ручки регуляторов громкости и тембра устанавливают в положение максимального усиления, а параллельно низкочастотному громкоговорителю подключают осциллограф и вольтметр. Ручка стереобаланса при этом обязательно должна находиться в нулевом (среднем) положении. На вход второго канала при этом подавать сигнал не нужно.

Как правило, на экране осциллографа будет наблюдаться искаженная, несинусоидальная кривая. Уменьшая при помощи введенного в схему потенциометра R_{17} усиление канала, добиваются полного отсутствия искажений и определяют по вольтметру максимальное неискаженное выходное напряжение. Зная величину этого напряжения U и сопротивление R звуковой катушки низкочастотного громкоговорителя, определяют величину неискаженной выходной мощности P по формуле $P=\frac{U^2}{R}$.

В самом худшем случае эта мощность должна быть не менее 5 *вт*.

Заметив с возможно большей точностью величину выходного напряжения, переключают сигнал со входа первого канала на вход второго и, не трогая никаких регуляторов и не производя никаких переключений, при помощи потенциометра R'_{17} добиваются точно такого же напряжения на низкочастотном громкоговорителе.

После этого потенциометры R_{17} и R'_{17} фиксируют стопорными гайками и вновь проверяют идентичность каналов по коэффициенту усиления. Допустимые отклонения выходных напряжений на низкочастотном громкоговорителе при среднем (нулевом) положении регулятора стереобаланса не должны превышать 5%.

Затем все три громкоговорителя устанавливают в помещении, причем основной низкочастотный громкоговоритель помещают в центре (например, на полу у стены на равном расстоянии от смежных стен), а выносные высокочастотные громкоговорители по бокам от него (подвешивают на той же стене на высоте 1,2—1,8 *м* от пола и на расстоянии 1,5—2 *м* от основного громкоговорителя).

Установив громкоговорители, нужно проверить правильность их фазировки. Для этого на входы обоих каналов подают слабый сигнал (чтобы звук был едва слышен) частотой 2 000 *гц*, а затем вилку одного из высокочастотных громкоговорителей переставляют другими концами в своих же гнездах. Если при этом громкость звука заметно возрастет, значит высокочастотные громкоговорители были подключены неверно (противофазно) и, следовательно, вилку надо оставить в этом новом положении. Найдя таким образом правильное положение, обе вилки высокочастотных громкоговорителей и их гнезда маркируют (цветными метками), чтобы в дальнейшем можно было безошибочно подключать громкоговорители к усилителю.

Точно так же проверяют правильность фазировки низкочастотного громкоговорителя по отношению к высокочастотным и, найдя правильное его включение, также маркируют вилку и гнезда этого громкоговорителя. Закончив фазировку, необходимо тщательно прослушать весь акустический агрегат на разных частотах при номинальной мощности и устранить дребезжания, если таковые будут обнаружены.

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 8 коп.